

Souhrnná analýza chování řidiče při jízdě přes moderně řešený přechod pro chodce

Summary Analysis of Drivers Conduct while Driving over Modern Pedestrian Crossings

ABSTRAKT: Článek shrnuje výsledky analýzy chování osmi řidičů při jízdě za soumraku a při noční jízdě přes moderně řešený přechod pro chodce. Při jízdě jsou sledovány optické reakce řidičů na různé podněty pomocí speciálního zařízení Viewpointsystem®, GmbH pro sledování změny úhlu pohledu řidiče. V práci jsou porovnány strategie chování řidičů při jízdě přes přechod. Sledován je způsob navigace řidiče při jízdě a jeho reakce na přecházejícího chodce a na další významné podněty. Současně jsou hledány vhodné způsoby vyhodnocení, které by umožnily popsat takto komplexní děj, jakým je řešení konkrétní jízdní situace a porovnávat a analyzovat chování různých řidičů. Podstatné části této práce byly publikovány na konferencích znalců (EVU 2013 [1], ExFoS 2013 [2]); zde jsou shrnuty pro časopis Soudní inženýrství a rozšířeny o některá další zpracování výsledků.

KLÍČOVÁ SLOVA: bezpečnost silničního provozu, sledování pohybu oka, možnosti odvrácení střetu, reakční doba, optická reakce řidiče, dopravní nehody vozidel s chodci

ABSTRACT: The Study summarizes results of analyzes the conduct of eight drivers while driving over modern pedestrian crossings at dusk and at night. The drivers optical reactions to various impulses during test trips are monitored using a special device named Viewpointsystem, GmbH that tracks changes in the drivers perspective. The individual drivers behavioral strategy when driving over the pedestrian crossing is thereupon evaluated focusing on the mode of the drivers navigation and his reaction to crossing pedestrians and to another significant impulses. Concurrently suitable methods of evaluation are sought to enable describing this complex process, such as solution to particular driving situation, comparison of them and analyzing the conduct of various drivers. Significant parts of this study were published in conferences of experts (EVU 2013 [1], ExFoS 2013 [2]) and are summarized for Forensic Engineering Magazine and expanded to some other processing of results.

KEYWORDS: road traffic safety, eye movement monitoring, collision prevention options, reaction interval, driver's optical reaction, traffic accidents involving pedestrians

1. ÚVOD

Chodci patří mezi nejzranitelnější účastníky silničního provozu a střet s vozidlem má pro ně zpravidla závažné důsledky. K nehodám s chodci často dochází za snížené viditelnosti, kdy jsou možnosti včasného rozpoznání chodce řidičem významně ovlivněny světelnými podmínkami a kdy rovněž chodci hůře rozpoznávají polohu a rychlost vozidla.

Podle statistik Policie ČR v důsledku střetu osobního vozidla s chodcem zemře každé tři dny jeden člověk. Z nich téměř 60% je usmrceno v noci a téměř 10% ve dne za snížené viditelnosti. Nejběžnější příčinou bývá nepozorné nebo náhlé vstoupení chodce do vozovky z chodníku nebo krajnice.

2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Analýzou reakční doby řidiče na nejrůznější podněty a jejich ovlivněním světelnými podmínkami a dalšími vlivy se zabývají mnohé výzkumné práce z oblasti bezpečnosti dopravy a analýzy dopravních nehod. Pflieger [3] analyzuje rozpoznávání objektů řidičem z jedoucího vozidla s ohledem na četnost podnětů. Podobnou problematikou se zabývá také Weyde [4], který ve své práci představuje některé aspekty moderních metod a postupů pro vizuální rozpoznatelnost chodců ve tmě z pohledu řidiče jedoucího vozidla. Dále například Šiška [5] řešil viditelnost chodce a cyklisty na okraji vozovky a zabýval se rozdíly ve viditelnosti vlivem různých světelných nebo reflexních prvků. Kaplánek

Dodáno autory do redakce 18. 5. 2015. • Recenzní řízení od 19. 5. do 5. 6. 2015.

Doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 244/53, e-mail: robert.kledus@usi.vutbr.cz
Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 244/53, e-mail: marek.semela@usi.vutbr.cz
Ing. Pavel Maxera, Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 244/53, e-mail: pavel.maxera@usi.vutbr.cz
Ing. Albert Bradáč, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 244/53, e-mail: ing.bradac@usi.vutbr.cz

[6] porovnával reakční dobu řidiče a zabýval se vlivem použití mobilního telefonu. Kropáč [7] řešil problematiku stanovení vzdálenosti potřebné k rozpoznání chodce z jedoucího vozidla. Obdobnou problematikou se zabývali i autoři článku v [8]. Sullivan [9] pomocí policejních vyšetřovacích zpráv o dopravních nehodách s chodci analyzoval různé příčiny nehod s chodci, hodnotil rozdíly v průběhu nehod ve dne a v noci a posuzoval vliv symetrických a asymetrických světlometů na možnost spatření chodce a vliv místa vstupu chodce do vozovky a směru přecházení. Clifton [10] řešil vliv osobních a environmentálních charakteristik na počet nehod s chodci a závažnost jejich zranění. Habibovic a kol. [11] analyzuje na základě videozáznamů z vozidla jednotlivé jízdní situace, při kterých chodec přechází na různé strany z různých výchozích pozic. Upravuje metodu DREAM (The Driving Reliability and Error Analysis Method) pro identifikaci faktorů ovlivňující pozornost řidiče, směr jeho pohledu a chování chodce během přecházení. Mackie [12] ve své práci představuje metodu, díky níž je možné vytvořit bezpečné a uživatelsky přívětivé prostředí na různých typech pozemních komunikací na základě implementace návrhu změn, které vedou ke správné předvídatelnosti a příznivě ovlivňují správné chování účastníků silničního provozu. Podrobná analýza chování řidiče při jízdě přes přechod však nebyla dosud řešena.

3. CÍLE PRÁCE

Cílem práce je analyzovat chování 8 řidičů při řešení obdobné jízdní situace, která spočívá v řízení vozidla přes moderní přechod, na kterém přechází chodec. Práce se zaměřuje na vyhodnocení těchto skutečností:

- Jakým způsobem řidič při jízdě přes přechod reaguje na dopravní značení (jako informaci o potenciálním nebezpečí) a na přecházejícího chodce?
- Zda řidič po zjištění, že bude přejíždět přes přechod, jedná naučeným způsobem, nebo spíše spontánně reaguje na jednotlivé podněty?
- Jak velkou pozornost věnuje řidič chodci, který právě přechází přes vozovku, příp. jak jeho pozornost ovlivňují další podněty?

4. ŘEŠENÍ

Práce vychází z výsledků rozsáhlých jízdních zkoušek, při kterých 8 dobrovolných řidičů projíždělo trasu v délce cca 30 km mezi obcemi Lednice, Břeclav, Valtice a Hlohovec. Jednalo se o jízdu v běžném silničním provozu v noční době. Při jízdě byly zaznamenávány údaje o poloze a rychlosti vozidla. Pomocí speciálního zařízení Viewpointsystem®, GmgH byl měřen směr úhlu pohledu řidiče. Z vyhodnocení byly zjišťovány optické reakce řidičů na různé podněty při řešení obdobných simulovaných jízdních situací.

Měření byla realizována ve spolupráci Ústavu soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně a výzkumného institutu EPIGUS – Institut für ganzheitliche Unfall – und Sicherheitforschung z Rakouska v rámci řešení projektu „Sdílení zkušeností a dobrých praxí při analýze a prevenci silničních

dopravních“, CZ0069, 2010 – 2011. Více informací k tomuto měření je uvedeno v publikaci [8].

4.1 Popis místa měření

Prezentované měření bylo realizováno na poměrně členitém úseku vozovky na okraji obce Lednice při příjezdu od obce Valtice po ulici Valtické. Rychlost vozidel je po vjezdu do obce omezoována zpomalovacím ostrůvkem viz obr. 1. Ten je označen svislou dopravní značkou příkazáný směr objíždění vpravo. Za ostrůvkem následuje cca 90 m dlouhý úsek vozovky, na kterém se v obou směrech jízdy nachází rozšíření vozovky pro zastávky autobusů, viz obr. 2 a 3. Vpravo je dobře viditelná dopravní značka zastávka autobusu a hned za ní je čekárna pro cestující. Následuje křižovatka s ulicí Nádražní ve tvaru kříže, viz obr. 4. Za ní, ve vzdálenosti cca 50 m, se na začátku levotočivé zatáčky nachází sledovaný přechod pro chodce, viz obr. 5. Přechod je chráněn druhým zpomalovacím ostrůvkem, který je označen dopravní značkou příkazáný směr objíždění vpravo. Přechod má zřetelné vodorovné i svislé značení. Svislá dopravní značka přechod pro chodce má žluté reflexní orámování. Z levé strany je přechod osvětlen lampou veřejného osvětlení, viz obr. 6. Plánek s vyznačením směru jízdy vozidel při zkouškách a symboly popsanych dopravních značek jsou na obr. 7.



Obr. 1 Příjezd do obce Lednice, pohled na informační poutač obce a dopravní značku příkazáný směr objíždění vpravo.

Figure 1 The point of arrival from Lednice, view of the town's information sign and the Keep Right traffic sign.



Obr. 2 Výjezd za zpomalovacím ostrůvkem a pohled na značku zóna zákazu stání.

Figure 2 Section after the deceleration island and view of the No Parking sign.



Obr. 3 Pohled na autobusové zastávky a značky zastávka autobusu a hlavní pozemní komunikace.

Figure 3 View of the bus stop, the bus stop sign, and main road way.



Obr. 4 Pohled na křižovatku ulice Valtická s ulicí Nádražní ve tvaru kříže s částečně přesazenými rameny.

Figure 4 View of the intersection of Valtická and Nádražní Streets with partly offset shoulders.



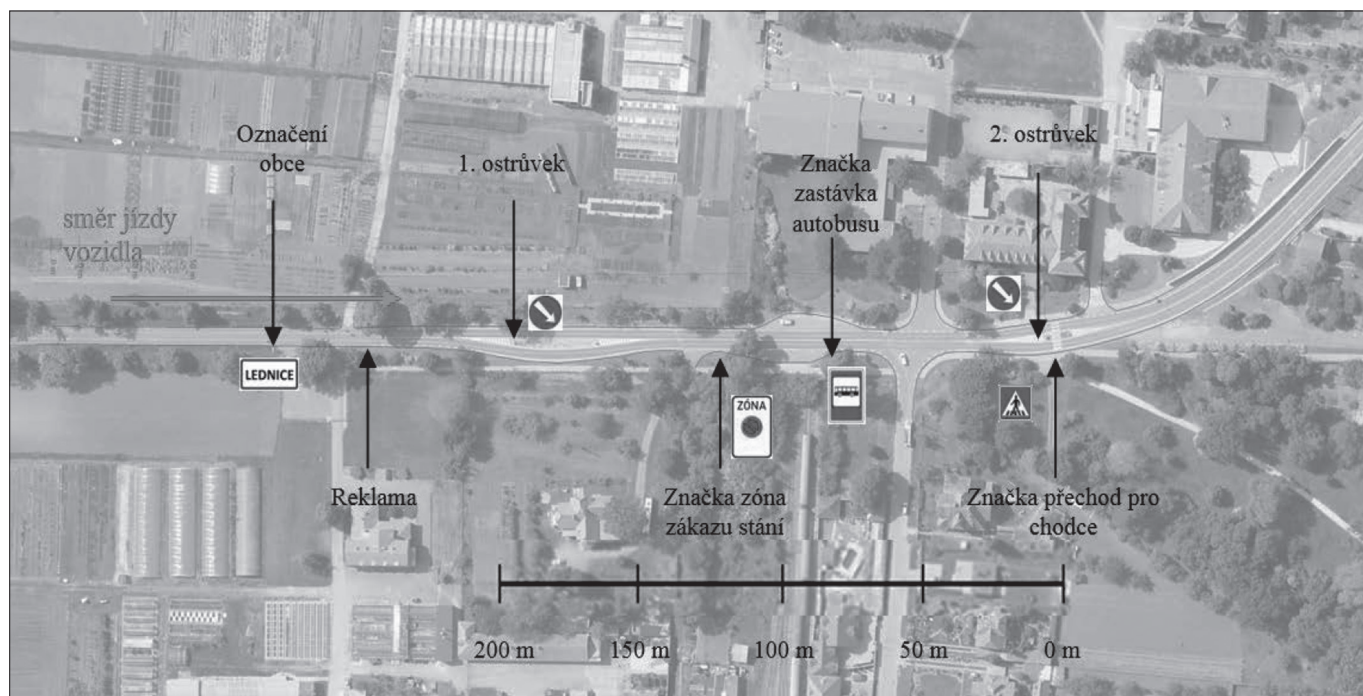
Obr. 5 Pohled na zpomalovací ostrůvek označený dopravní značkou přikázaný směr objíždění vpravo a přechod pro chodce.

Figure 5 View of the deceleration island, marked with Keep Right and Pedestrian Crossing signs.



Obr. 6 Detailní pohled na místo měření, přechod je označen vodorovným i svislým značením a je z levé strany osvětlen.

Figure 6 Detailed view of the monitored point, with horizontal and vertical signs marking the pedestrian crossing, illuminated from the left.



Obr. 7 Plánek místa jízdní zkoušky v místě měření. Zdroj [13].

Figure 7 Plan of the monitored point. Source [13].



Obr. 8 Figurant na stanovišti v místě měření.
Figure 8 The actor's standpoint at the point of measuring.

V místě přechodu pro chodce je vozovka široká 10,4 m a je členěna do dvou jízdních pruhů. Šířky krajnic z obou stran vozovky jsou 0,6 m, šířky obou jízdních pruhů jsou 3,2 m a šířka ostrůvku je 2,8 m.

4.2 Figurant

Figurant byl tmavě oblečen (černé boty a kalhoty, tmavě hnědý kabát a černá čepice), viz obr. 8. Při zkouškách čekal v blízkosti přechodu (ve směru jízdy vozidla vlevo). Jeho úkolem bylo, s přihlédnutím k aktuálnímu silničnímu provozu, přejít přes vozovku před příjezdem zkušebním vozidlem. Přecházení vozovky běžně zahajoval v okamžiku průjezdu zkušebního vozidla kolem čekárny autobusu, zachycené na obr. 3.

4.3 Měřicí technika a vozidla

Pro zkoušky byla použita dvě srovnatelná motorová vozidla značky Škoda Octavia Combi 4×4, 2.0 TDi. Z hlediska podstatnosti se tato lišila typem světlometů. První bylo vybaveno světlomety s žárovkami typu H7, viz obr. 9, druhé světlomety s výbojkami typu Xenon, což však nemělo větší význam pro prezentovaná měření, která probíhala na osvětleném úseku vozovky.

Pro měření úhlu pohledu řidiče bylo použito speciální zařízení firmy viewpointsystem®, GmbH. Zařízení sestává z obrouček ve tvaru brýlí, které jsou osazeny dvěma kamerami, viz obr. 10. Pomocí vyhodnocovacího softwaru viewpointsystem® je možno, na základě komparace záznamů obou kamer, vyhodnocovat směry úhlů pohledů řidiče v průběhu jízdy. Okamžitá rychlost vozidla (resp. relativní změna polohy vozidla) byla s frekvencí 1 Hz měřena pomocí snímače GPS s vysoce citlivým čipem Sirf III. Pro vyhodnocení okamžiku průjezdu vozidla kolem figuranta byla použita pevná kamera ve vozidle, která snímala přední část vozu a jeho okolí. Všechna zařízení byla připojena do datalogeru zn. HOLUX M-241, který současně zajišťoval synchronizaci všech záznamů v jednotném čase.

4.4 Řidiči a podmínky při jednotlivých jízdách

Zkoušek se zúčastnilo 8 řidičů, 7 mužů a 1 žena. Z očního hlediska všichni splňovali podmínky pro řízení motorových vozidel skupiny B. Jejich úkolem bylo, při dodržování pravidel silničního provozu,



Obr. 9 Zkušební vozidlo Škoda Octavia Combi se světlomety s žárovkami H7.
Figure 9 Test vehicle Škoda Octavia Combi with H7 light bulbs.



Obr. 10 Řidič s nasazenou obroučkou ve tvaru brýlí se 2 kamerami pro měření úhlů pohledu řidiče.
Figure 10 Driver with eyeglass frames fitted with 2 cameras for measuring the angle of driver's view.

projet běžným způsobem zkušební trasu s nasazenými brýlemi pro sledování pohybu oční čočky.

5. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

5.1 Způsob zpracování výsledků

Řidiči při rozlišení různých podnětů, které se nacházejí mimo oblast ostrého vidění oka (dopravní značky, informační tabule, další účastníci provozu, jako např. i chodci), reagují rychlou změnou směru úhlu pohledu oka tak, aby mohli registrovaný objekt pozorovat v oblasti ostrého vidění. Je-li tato změna dostatečně zřetelná, lze s vysokou věrohodností rozpoznávat první optické reakce na tyto objekty.

Při vyhodnocení záznamů jízdních zkoušek se vycházelo z metodiky publikované ve zdroji [8]. První optické reakce (dále jen POR) na sledované podněty byly zjišťovány ze změny směru úhlu pohledu řidiče měřeného zařízením viewpointsystem®. Příklad



Obr. 11 Jízda P8 – počátek optické reakce řidiče na figuranta (12,24 s a 149,5 m před přechodem).

Figure 11 Beginning of the driver's optical reaction to the actor (12.24 sec and 149.5 m before the crossing).



Obr. 12 Jízda P8 – změna směru úhlu pohledu řidiče k figurantovi – figurant v oblasti ostrého vidění oka (12,20 s a 148,8 m před přechodem).

Figure 12 Change of the angle of the driver's view to the actor – the actor in focus (12.20 sec and 148.8 m before the crossing).



Obr. 13 Jízda P7 – počátek optické reakce řidiče na figuranta (16,12 s a 175,1 m před přechodem).

Figure 13 Beginning of the driver's optical reaction to the actor (16.12 sec and 175.1 m before the crossing).



Obr. 14 Jízda P7 – změna směru úhlu pohledu řidiče k figurantovi – figurant v oblasti ostrého vidění oka (16,04 s a 174,1 m před přechodem).

Figure 14 Change of the angle of the driver's view to the actor – the actor in focus (16.04 sec and 174.1 m before the crossing).



Obr. 15 Jízda P5 – počátek optické reakce řidiče na figuranta (9,36 s a 113,0 m před přechodem).

Figure 15 Beginning of the driver's optical reaction to the actor (9.36 sec and 113.0 m before the crossing).



Obr. 16 Jízda P5 – změna směru úhlu pohledu řidiče k figurantovi – figurant v oblasti ostrého vidění oka (9,32 s a 112,4 m před přechodem).

Figure 16 Change of the angle of the driver's view to the actor – the actor in focus (9.32 sec and 112.4 m before the crossing).

způsobu zjištění POR je uveden na obr. 11 až 16 pro jízdy P8, P7 a P5. Vyhodnocení vzdálenosti vozidla od sledovaného přechodu bylo provedeno na základě průběžného měření okamžité rychlosti vozidla a času, za který vozidlo urazilo vzdálenost mezi polohou vozidla, ve které řidič poprvé opticky reagoval na objekt a polohou, kdy vozidlo přešlo přes přechod.

5.2 Prezentace výsledků měření

Pro vyhodnocení byly jízdy rozděleny do dvou základních skupin. První skupina zahrnuje jízdy, při kterých reakce řidiče nebyly podstatněji ovlivněny hustotou provozu (jízdy P8, P6, P4, P3) a druhá zahrnuje jízdy s ovlivněním. Tato druhá skupina je dále rozdělena na jízdy, při kterých hustota provozu ovlivnila okamžik POR na figuranta (jízdy P1, P5) a na jízdy, kde provoz ovlivnil dobu sledování figuranta (P2, P7), v přehledu viz tab. 1.

U jízdy P1 byla zvláštní okolností skutečnost, že v době zkoušky byl v protisměrném jízdním pruhu poměrně silný provoz. Ve sledovaném úseku řidič míjel tři protijedoucí vozidla. Figurant do vozovky vstoupil za posledním z protijedoucích vozidel a v okamžiku vstupu do vozovky byl figurant pro zkušebního řidiče v oblasti zakrytého výhledu.

U jízdy P5 byla zvláštní okolností skutečnost, že řidič vjel do obce Lednice v blízkém závěsu za jiným vozidlem. Před prvním spatřením figuranta sledoval vozidlo jedoucí před ním. Tato jízda se také jako jediná uskutečnila za soumraku.

U jízdy P7 došlo k ovlivnění pozornosti věnované přecházejícímu figurantovi. Zvláštní okolností byla skutečnost, že krátce poté, co řidič spatřil figuranta, začalo k ulici Valtické zprava po ulici Nádražní přijíždět jiné vozidlo (viz křižovatka na obr. 4). Toto se zařadilo před zkušební vozidlo a zkušební řidič musel svoji pozornost dělit mezi figuranta a přijíždějící vozidlo.

K ovlivnění pozornosti věnované přecházejícímu figurantovi došlo také v jízdě P2. Při této jízdě musel řidič věnovat značnou pozornost i jinému chodci, který stál u přechodu na levém okraji vozovky v době, kdy figurant přecházel přes silnici.

Výsledky vyhodnocení jednotlivých zkoušek jsou znázorněny na obr. 17 až 24 formou diagramů dráha-čas (dále jen s-t diagramů). Každý z těchto obrázků je rozdělen do dvou částí. V levé části je v souřadnicích dráha – čas zobrazen průběh jízdy vozidla, které se po vozovce pohybuje v podélném směru (dále jen s-t diagram vozidla). V pravé části je rovněž v souřadnicích dráha – čas zobrazen průběh pohybu figuranta, který se pohybuje příčně k ose

vozovky (dále jen s-t digram chodce). Počátek souřadného systému obou diagramů je zvolen na pravém okraji vozovky v místě, kde figurant opouští vozovku (viz obr. 6). Dráha vozidla před jeho průjezdem přes přechod a dráha figuranta před opuštěním vozovky jsou vyneseny jako záporné. (Členění grafu je tedy obdobně, jako při řešení střetu, kdy se pohyb před střetem vynášá se znaménkem mínus, pohyb po střetu se znaménkem plus a místo střetu je počátkem souřadného systému.) Čas $t = 0$ je vždy uvažován jako okamžik, kdy vozidlo přeje přes přechod, resp. přesněji protne trajektorii, po které se figurant na přechodu pohyboval.

V s-t diagramu vozidla je průběh jízdy vozidla vykreslen modrou čarou. Piktogramy označují okamžiky prvních optických reakcí řidiče na dopravní značky a figuranta. Svislá červená čára na ose t vyznačuje časový interval (odvozený z s-t diagramu chodce), ve kterém chodec prochází koridorem jízdy vozidla. Z s-t diagramu vozidla je pak zřejmé, v jaké vzdálenosti od figuranta se nacházelo vozidlo v okamžiku, kdy figurant vstoupil a opustil koridor jízdy vozidla. Po spatření figuranta většina řidičů snižovala rychlost jízdy. Tenčí přerušovaná oranžová čára tak slouží pro porovnání a znázorňuje průběh jízdy vozidla za předpokladu, že by řidič nereagoval následným snižováním rychlosti.

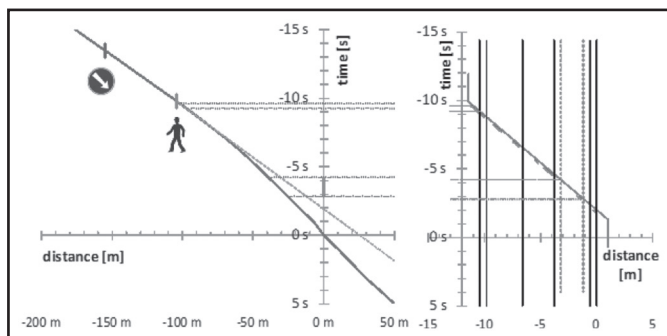
V s-t diagramu chodce (figuranta) je v místě přecházení znázorněna vozovka. Svislé silné čáry vyznačují pevné překážky, tj. levý a pravý okraj vozovky a levý a pravý okraj středového ostrůvku. Tenkou plnou čarou jsou vyznačeny krajnice a modrými přerušovanými čarami je vyznačen koridor jízdy vozidla, jehož šířka odpovídá šířce vozidla vč. zpětných zrcátek. Průběh pohybu figuranta je vyznačen zelenou čarou. Podél této křivky jsou vyneseny časové intervaly, ve kterých řidič přímo pozoruje figuranta. Vzdálenost vozidla v těchto časových intervalech lze odečíst z s-t diagramu vozidla.

První vyhodnocení se zabývá POR řidiče na figuranta. Přehled je uveden v tab. 2. Při tomto vyhodnocení jsou vzájemně porovnány jízdy P8, P7, P6, P4, P3 a P2, u kterých nebyl okamžik 1. spatření figuranta podstatně ovlivněn dalšími účastníky provozu. Vzdálenost, při které oko řidiče poprvé odlišilo figuranta od jeho okolí a řidič jej začal fixovat pohledem se při těchto jízdách pohybuje v rozmezí 104 m až 175 m před průjezdem přes přechod (vzdálenosti s_1). Do jízdního pruhu, ve kterém se pohybovalo zkušební vozidlo, figurant vstupoval v okamžiku, který odpovídal vzdálenosti vozidla od přechodu s_3 . Z porovnání vzdáleností s_1 a s_3

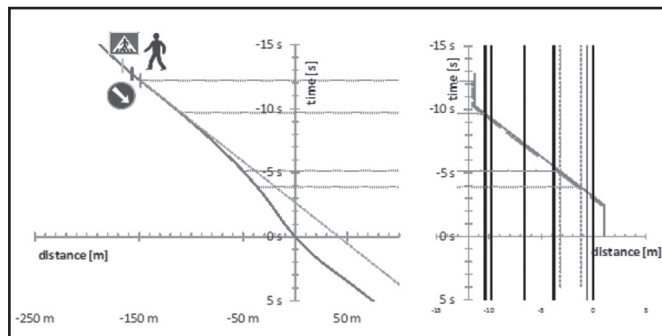
Tab. 1 Podmínky zkoušek.

Table 1 Testing conditions.

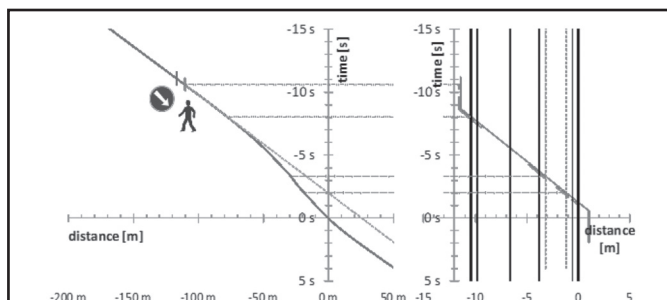
Ozn. zkoušky	P8	P6	P4	P3	P1	P5	P2	P7
Podmínky jízdy	noc	noc	noc	noc	noc	soumrak	noc	noc
	sucho	sucho	po dešti	po dešti	děšť	sucho	po dešti	sucho
	suchá vozovka	suchá vozovka	mokrá vozovka	mokrá vozovka	mokrá vozovka	suchá vozovka	mokrá vozovka	suchá vozovka
Způsob ovlivnění reakcí řidiče	zkoušky bez zvláštních okolností				Hustota provozu ovlivnila:			
					první optickou reakci řidiče na figuranta		dobu sledování figuranta řidičem	
Druh ovlivnění					protijedoucí vozidla	jízda za jiným vozidlem	další chodec na přechodu	vozidlo v křižovatce



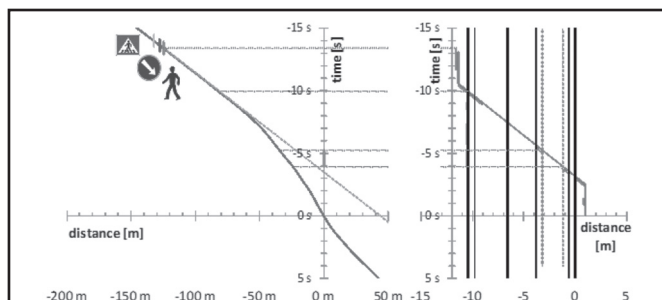
Obr. 17 Jízda P3 – standardní.
Figure 17 Trip P3 – standard.



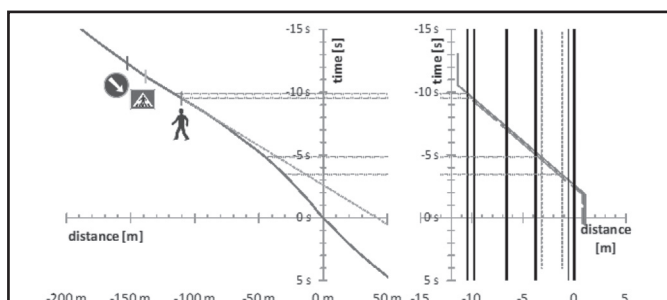
Obr. 18 Jízda P8 – standardní.
Figure 18 Trip P8 – standard.



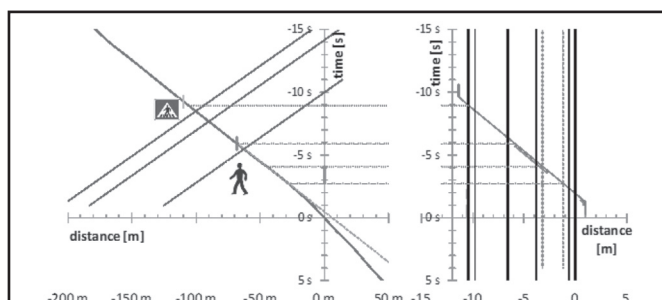
Obr. 19 Jízda P6 – standardní.
Figure 19 Trip P6 – standard.



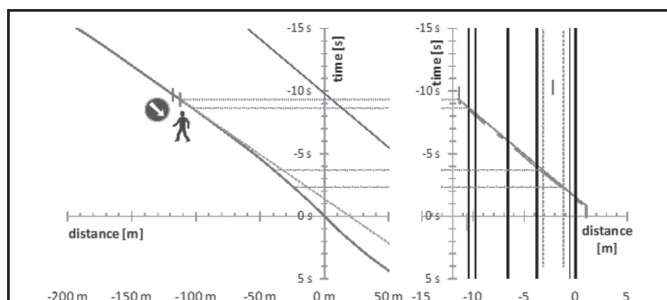
Obr. 20 Jízda P2 – náhodný chodec na levém okraji vozovky.
Figure 20 Trip P2 – random pedestrian at left road margin.



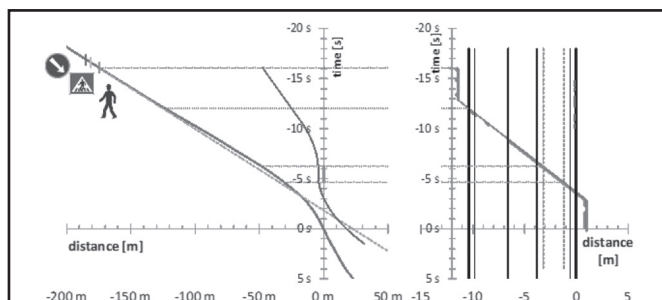
Obr. 21 Jízda P4 – standardní.
Figure 21 Trip P4 – standard.



Obr. 22 Jízda P1 – tři náhodná vozidla jedoucí v protisměru, náhodný chodec na levém okraji vozovky.
Figure 22 Trip P1 – three random vehicles driving in opposite direction, random pedestrian at left road margin.



Obr. 23 Jízda P5 – náhodné vozidlo jedoucí před analyzovaným vozidlem, jiný chodec na levém okraji vozovky.
Figure 23 Trip P5 – random vehicle driving in front of the analyzed vehicle, another pedestrian at left road margin.



Obr. 24 Jízda P7 – náhodné vozidlo na křižovatce před přechodem.
Figure 24 Trip P7 – random vehicle at the intersection before the crossing.

v tab. 2 je tak zřejmé, že s ohledem na rychlost vozidla všichni řidiči měli dostatek času pro úpravu způsobu jízdy.

Zvláštními případy v tomto vyhodnocení byly jízdy P1 a P5, kdy:

- při jízdě P1 byl figurant při vstupu do vozovky v oblasti zakrytého výhledu posledním z protijedoucích vozidel

a řidič figuranta poprvé spatřil až na ostrůvku, kdy vozidlo bylo vzdáleno od přechodu jen 68 m,

- při jízdě P5 řidič před prvním spatřením figuranta sledoval vozidlo jedoucí před ním a figuranta poprvé spatřil na vzdálenost 112 m.

Tab. 2 Vyhodnocení POR řidiče na figuranta.

Table 2 Evaluation of driver's first optical reaction to the actor.

Jízda	Vzdálenost vozidla od přechodu v čase t_1 a t_3		Průměrná rychlost vozidla na počátku intervalu	
	s_1	s_3	t_1	t_3
Standardní jízdy (POR řidiče na figuranta nebyla podstatně ovlivněna dalšími účastníky provozu)				
P8	149 m	48 m	56 km/h	40 km/h
P6	111 m	35 m	46 km/h	33 km/h
P4	110 m	61 m	58 km/h	46 km/h
P3	104 m	44 m	48 km/h	36 km/h
P2	125 m	38 m	45 km/h	27 km/h
P7	175 m	60 m	44 km/h	46 km/h
Průměrně	129 m	48 m	50 km/h	38 km/h
Nestandardní jízdy (POR řidiče na figuranta byla ovlivněna dalšími účastníky provozu)				
P5	112 m	47 m	51 km/h	42 km/h
P1	68 m	49 m	45 km/h	47 km/h
Průměrně	90 m	48 m	48 km/h	45 km/h
Celkové vyhodnocení – jízdy standardní i nestandardní				
Průměrně	119 m	48 m	49 km/h	40 km/h

Použité značení v tab. 2, 3:

t_1 – časový interval, ve kterém se figurant pohyboval na levém chodníku (je vymezen okamžikem POR řidiče na figuranta a okamžikem vstupem figuranta do vozovky);

t_2 – časový interval, ve kterém figurant přecházel levý jízdní pruh a ostrůvek (je vymezen okamžikem vstupu figuranta do vozovky a okamžikem vstupu figuranta do pravého jízdního pruhu);

t_3 – časový interval, ve kterém figurant přecházel pravý jízdní pruh a křížil koridor vozidla (je vymezen okamžikem vstupu figuranta do pravého jízdního pruhu a okamžikem, kdy figurant opustil vozovku);

t_4 – časový interval, ve kterém se figurant pohyboval na pravém chodníku (je vymezen okamžikem, kdy figurant opustil vozovku a okamžikem průjezdu vozidla přes přechod);

t – celková doba od okamžiku POR řidiče na figuranta do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod;

s_1 – vzdálenost vozidla od přechodu v okamžiku POR řidiče na figuranta (na počátku intervalu t_1);

s_3 – vzdálenost vozidla od přechodu v okamžiku vstupu figuranta do pravého jízdního pruhu, ve kterém projíždělo zkušební vozidlo (na počátku intervalu t_3).

Tab. 3 Vyhodnocení doby pozorování figuranta řidičem.

Table 3 Evaluation of time of the driver's attention on the actor.

Standardní jízdy (pozornost řidiče nebyla podstatně ovlivněna dalšími účastníky provozu)					
Doba pohybu figuranta po komunikaci od okamžiku POR řidiče (doba sledování figuranta řidičem)					
Jízda	t_1	t_2	t_3	t_4	t
P8	3,4 s (2,8 s)	4,0 s (2,6 s)	2,6 s (1,7 s)	2,3 s (0,0 s)	12,2 s (7,1 s)
P6	2,6 s (2,0 s)	4,1 s (3,3 s)	2,1 s (1,8 s)	1,8 s (0,0 s)	10,6 s (7,1 s)
P4	0,0 s (0,0 s)	3,8 s (3,1 s)	3,5 s (3,1 s)	2,6 s (1,9 s)	9,9 s (8,1 s)
P3	0,6 s (0,6 s)	4,5 s (1,8 s)	2,7 s (0,4 s)	2,0 s (0,0 s)	9,8 s (2,8 s)
P5	0,7 s (0,3 s)	4,3 s (2,5 s)	2,8 s (1,3 s)	1,5 s (0,3 s)	9,3 s (4,4 s)
P1	0,0 s (0,0 s)	4,6 s (1,5 s)	2,5 s (0,6 s)	1,9 s (0,5 s)	9,0 s (2,6 s)
Průměrně	1,2 s (1,0 s)	4,2 s (2,5 s)	2,7 s (1,5 s)	2,0 s (0,5 s)	10,1 s (5,4 s)
Doba, po kterou řidiči přímo sledovali figuranta (průměrně)					
	% z t_1	% z t_2	% z t_3	% z t_4	% z t
Průměrně	80 %	59 %	55 %	23 %	53 %
Nestandardní jízdy (pozornost řidiče byla ovlivněna dalšími účastníky provozu)					
Doba pohybu figuranta po komunikaci od okamžiku POR řidiče (doba sledování figuranta řidičem)					
Jízda	t_1	t_2	t_3	t_4	t
P7	3,3 s (0,7 s)	5,7 s (2,5 s)	2,7 s (2,7 s)	4,5 s (3,8 s)	16,2 s (9,6 s)
P2	3,4 s (2,4 s)	4,2 s (0,9 s)	2,6 s (0,8 s)	3,2 s (1,0 s)	13,4 s (5,1 s)
Průměrně	3,4 s (1,5 s)	5,0 s (1,7 s)	2,6 s (1,8 s)	3,8 s (2,4 s)	14,8 s (7,4 s)
Doba, po kterou řidiči přímo sledovali figuranta (průměrně)					
	% z t_1	% z t_2	% z t_3	% z t_4	% z t
Průměrně	45 %	34 %	67 %	62 %	50 %

Použité značení viz výše tab. 2.

Druhé vyhodnocení se týká doby pozorování figuranta řidičem, viz tab. 3. V rámci tohoto vyhodnocení jsou porovnány jízdy P8, P6, P5, P4, P3 a P1, kdy doba sledování figuranta řidičem nebyla podstatně ovlivněna dalšími účastníky provozu. Během těchto jízd figurant přecházel vozovku v rozmezí 6,2 s až 7,3 s (součet doby $t_1 + t_2$). Po tuto dobu jej řidiči sledovali 2,1 s až 6,2 s, tj. 30 % až 85 % z doby pohybu figuranta ve vozovce.

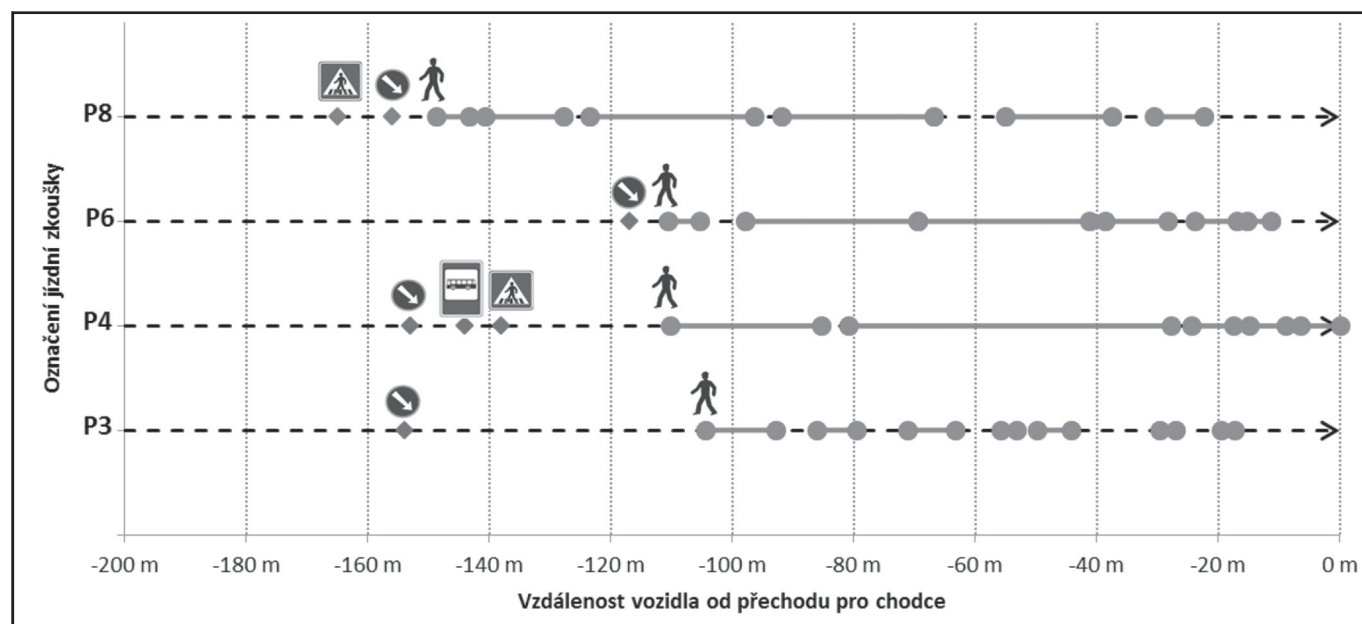
Zvláštními případy ve vyhodnocení doby pozorování figuranta řidičem byly jízdy P2 a P7.

V jízdě P2 celkově figurant přecházel vozovku 6,8 s a po tuto dobu jej řidič sledoval 1,7 s, tj. 26 % z doby pohybu figuranta ve vozovce. Po dobu, kdy figurant přecházel přes vozovku, sledoval řidič dalšího chodce na levém okraji vozovky, u kterého nebyl zřejmý úmysl přejít či nepřejít vozovku. Tohoto chodce řidič sledoval 3,32 s, tj. 48 % z doby, kdy se figurant pohyboval po vozovce. Nejasné chování chodce na levém okraji vozovky tedy pro něj bylo velmi důležité.

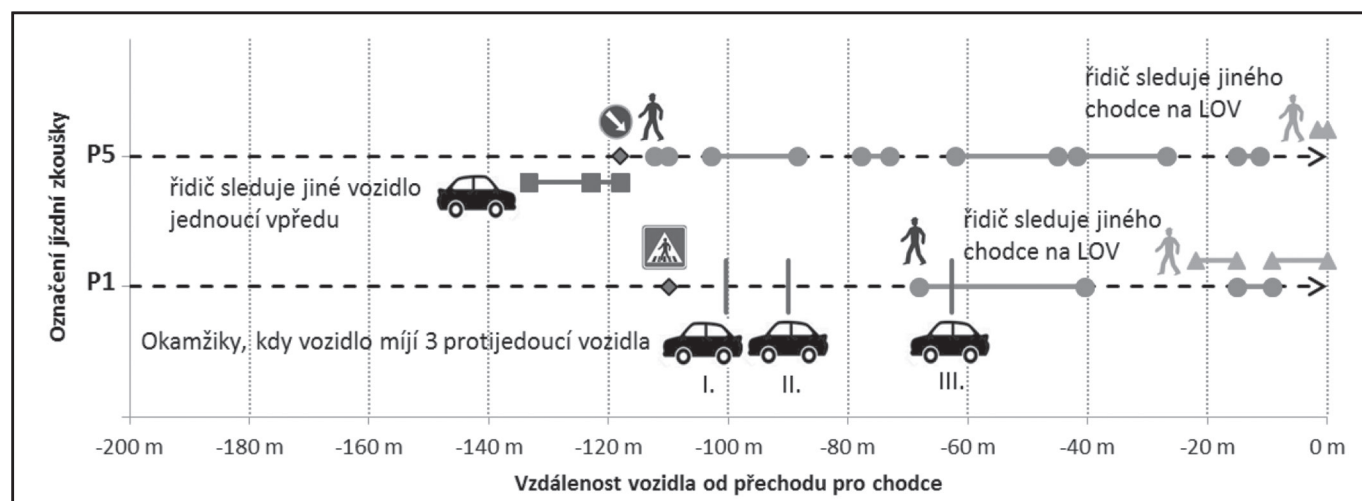
V jízdě P7 celkově figurant přecházel vozovku 8,4 s. Figurant přecházel před vozidlem, které se v křižovatce zařadilo před zkušební vozidlo. Zkušební řidič tak věnoval pozornost jak figurantovi, tak i příjezděcímu vozidlu. Figuranta řidič sledoval 5,2 s, tj. 62 % z doby pohybu figuranta ve vozovce a příjezděcí vozidlo 1,0 s, tj. 11 % z doby přecházení figuranta.

Celkově nejmenší pozornost figurantovi věnovali řidiči v době po opuštění vozovky (38 % z doby 2,5 s), největší pak před jeho vstupem do vozovky na levém chodníku (63 % z doby 1,7 s), kde jej zaregistrovalo šest z osmi řidičů.

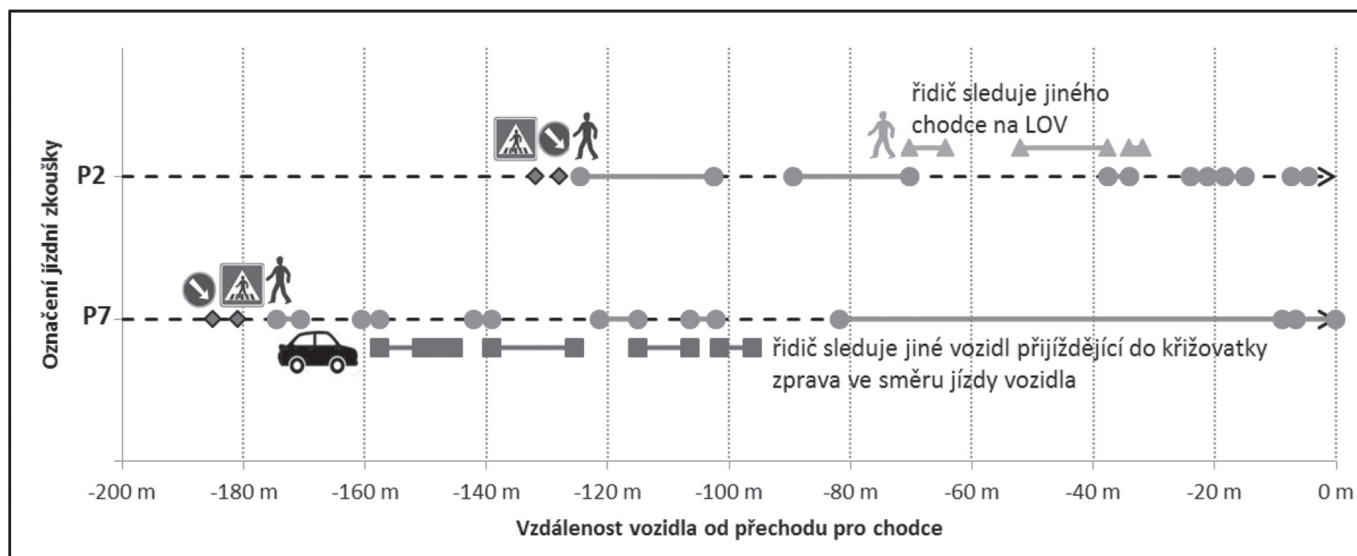
Figurant do jízdního pruhu vozidel vstupoval na počátku intervalu t_3 , tedy v průměru v čase cca $(2,7 + 2,5) = 5,2$ s před průjezdem vozidla přes přechod. V tomto čase se vozidla v průměru nacházela ve vzdálenosti 48 m před přechodem (vzdálenost s_3), viz tab. 2. Od okamžiku POR na figuranta jej řidiči v průměru pozorovali cca $(11,3 \text{ s} \times 52\%) = 5,9$ s.



Obr. 25 Průběh jízd bez zvláštních okolností (jízdy P8, P6, P4, P3).
Figure 25 Waveform of trips without special conditions (trips P8, P6, P4, P3).



Obr. 26 Průběh jízd, ve kterých byla ovlivněna POR řidiče na figuranta (jízdy P5, P1).
Figure 26 Waveform of trips with affecting the driver's first optical reaction to the actor (trips P5, P1).



Obr. 27 Průběh jízdy, ve kterých byla ovlivněna doba sledování figuranta řidičem (jízdy P2, P7).
Figure 27 Waveform of trips with affecting the time of the driver's attention on the actor (trips P2, P7).

Třetí vyhodnocení se zabývá reakcí řidiče na dopravní značení. Průběhy jednotlivých jízd jsou shrnuty na schématech v obr. 25 až 27, na nichž jsou zobrazeny POR řidiče:

- na dopravní značení provedené u přechodu pro chodce (označeno piktogramy dopravních značek),
- na figuranta (označeno piktogramem chodce).

Ve schématech jsou dále zobrazeny intervaly, ve kterých řidič sleduje přecházejícího figuranta (zvýrazněné úsečky ohraničené značkami ve tvaru kruhu), příp. intervaly, ve kterých řidič sleduje jiné účastníky provozu (zvýrazněné úsečky ohraničené značkami ve tvaru čtverce u náhodných vozidel, a ve tvaru trojúhelníku u náhodného chodce na levém okraji vozovky v místě přechodu pro chodce).

Z porovnání vyplývá, že nejvýznamnějším podnětem pro řidiče při příjezdu k přechodu byla značka příkazný směr objíždění vpravo označující překážku v podobě zpomalovacího ostrůvku (viz detail na obr. 6). Z osmi řidičů pět nejprve registrovalo značku příkazný směr objíždění vpravo, jen tři nejprve reagovali na značku přechod pro chodce a to i přesto, že tato značka měla reflexní orámování.

Řidiči, kteří jako první reagovali na značku příkazný směr objíždění vpravo, ji spatřili ve vzdálenosti cca 117 m až 185 m před průjezdem přes přechod.

Řidiči, kteří jako první spatřili značku přechod pro chodce (jízdy P8, P2 a P1) ji spatřili ve vzdálenosti cca 110 m a 165 m před průjezdem přes přechod.

Nelze dovozovat, že označení zpomalovacího ostrůvku značkou příkazný směr objíždění vpravo by si řidiči vědomě spojovali s přechodem pro chodce, tedy že by cíleně na pravém okraji hledali značku přechod pro chodce. Dva z pěti řidičů (jízdy P4, P7) po registraci značky příkazný směr objíždění vpravo změnili směr pohledu vpravo, kde zaregistrovali i druhou značku přechod pro chodce a vzápětí reagovali na figuranta změnou pohledu na levý okraj vozovky. Další tři řidiči po registraci značky příkazný směr objíždění vpravo ihned reagovali na figuranta na levém okraji vozovky a značku přechod pro chodce vůbec neregistrovali.

Nelze ani dovozovat, že by řidiči po registraci značky přechod pro chodce cíleně kontrolovali např. pravý okraj vozovky, příp. pravý okraj ostrůvku jako místa, ze kterého chodec potřebuje nejméně času pro vstup do koridoru jízdy vozidla. Nejvýznamnější jsou spontánní pohyby očí, kterými řidič reaguje na změny okolí.

6. ZÁVĚR

V podmínkách ČR, obdobně jako v řadě jiných zemí, mají chodci na přechodu přednost před jedoucím vozidlem, nikoliv však přednost absolutní. Chodec nesmí vstupovat na přechod pro chodce bezprostředně před blížícím se vozidlem, jelikož příjezdějícího řidiče nesmí v jeho jízdě omezit. Řidič však chodce na přechodu nesmí omezit ani ohrozit a v případě potřeby je řidič povinen i zastavit vozidlo před samotným přechodem. Provedené analýzy tak potvrzují známou skutečnost, že je důležité, aby si chodci uvědomovali, že nestačí vidět příjezdějící vozidlo, ale musí být vidět hlavně oni samotní.

Jedním z cílů práce bylo zjistit, jak řidiči na moderně řešeném přechodu reagují na jeho značení a jakým způsobem se tím dozvídají o potenciálním nebezpečí spojeným s možností přecházení chodců.

Z dopravního značení u přechodu pro chodce byla pro řidiče nejvýznamnějším podnětem značka příkazný směr objíždění, která označovala překážku v jízdě. Jako první tuto značku registrovalo 5 řidičů (P7, P6, P5, P4 a P3) ve vzdálenosti 117 až 185 m před přechodem. Na značku přechod pro chodce reagovali jako první pouze 3 řidiči, i když tato značka měla reflexní orámování.

Pokud pozornost řidiče nebyla ovlivněna dalšími účastníky provozu, reagovali řidiči na figuranta v dostatečné vzdálenosti 104 až 175 m. (jízdy P8, P7, P6, P4, P3 a P2).

Ve dvou případech hustota provozu ovlivnila okamžik první optické reakce řidiče na figuranta. V prvním (jízda P1) figurant vstupoval do vozovky za vozidlem, které jelo v protisměru. Toto vozidlo zakrývalo výhled na figuranta a řidič jej poprvé uviděl až

na ostrůvku. V této jízdě se vzdálenost zkrátala na 68 m. Ve druhém případě řidič vjížděl do obce Lednice za jiným vozidlem, za kterým musel udržovat bezpečný odstup. Tato jízdní situace však první optickou reakci řidiče na figuranta významněji neovlivnila a řidič jej spatřil na vzdálenost 112 m.

Dále bylo vyhodnocováno, zda řidič po zjištění, že bude přejíždět přes přechod, jedná naučeným způsobem, nebo spíše spontánně reaguje na jednotlivé podněty.

Z vyhodnocení vyplývá, že řidiči se na přechodu pro chodce rozhlíželi z hlediska důležitosti, např. nejdříve vpravo, následně vlevo. Na hlavní podněty většinou reagovali v různém pořadí a v rychlém sledu bez rozhlížení. Vždy nejprve reagovali alespoň na jednu dopravní značku u přechodu a následně na figuranta, viz obr. 25 až 27.

Dále bylo vyhodnocováno, jak velkou pozornost věnuje řidič chodci, který právě přechází přes vozovku, příp. do jaké míry ovlivňují pozornost řidiče další podněty.

V případech, kdy se řidič během doby pohybu figuranta ve vozovce nemusel věnovat dalším účastníkům provozu (jízdy P8, P6, P5, P4, P3 a P1), řidiči sledovali figuranta v průměru 57 % doby jeho pohybu ve vozovce. Rozdíly mezi jednotlivými řidiči však byly velmi značné.

Nejvíce pozornosti věnovali řidiči figurantovi před vstupem do vozovky (v průměru 80 % z doby od prvního spatření do jeho vstupu do vozovky), nejmenší pak po jeho opuštění vozovky.

Ve dvou případech byla pozornost řidiče ovlivněna dalšími účastníky provozu. V prvním (jízda P2) se vlevo na chodníku u přechodu objevil další chodec, řidič figuranta sledoval jen 26 % z doby jeho pohybu. 48 % z této doby se věnoval jinému chodci na chodníku, aby rozpoznal, zda bude či nebude přecházet. V druhém případě (jízda P7), kdy zprava vjelo do křižovatky před přechodem jiné vozidlo, se řidič tomuto vozidlu věnoval 11 % z doby pohybu figuranta ve vozovce. Samotného figuranta sledoval 62 % z doby pohybu figuranta ve vozovce.

Dojde-li v silničním provozu k dopravní nehodě vozidla s chodcem za viditelnosti snížené tmou, je nutné pro potřeby analýzy průběhu a příčin nehody mj. zjistit i možnosti dohledu řidiče na chodce. Ten je ovlivněn množstvím přírodního a umělého světla. V noci je typicky ovlivněn měsíčním svitem, způsobem osvětlení komunikace veřejným osvětlením případně dalšími zdroji světla a rovněž osvětlením komunikace světlomety vozidla účastného na dopravní nehodě. Podle okolností může být navíc výhled řidiče omezen překážkami na komunikaci či v jejím okolí.

S ohledem na velké množství vlivů, které dohled ovlivňují, se tento ověřuje experimentálně v místě dopravní nehody za podmínek, které z hlediska podstatných charakteristik odpovídají podmínkám v době dopravní nehody. Běžně se experiment realizuje tak, že chodec napodobuje chůzi v jednotlivých bodech trajektorie svého pohybu při dopravní nehodě a vozidlo se přibližuje nízkou rychlostí tak, aby bylo možno určit vzdálenost, při které mohl řidič chodce poprvé uvidět. Poloha chodce se zpravidla postupně mění od místa střetu proti směru jeho chůze při dopravní nehodě až do oblasti chodníku. Vzdálenost je pak zjišťována pro každou ze zvolených pozic chodce. Součástí analýzy dopravní nehody je pak zjištění, od kterého okamžiku (v závislosti na zjištěných rychlostech vozidla a chodce, resp. zjištěného průběhu jejich vzájemného pohybu) mohl řidič chodce pozorovat, a tedy kdy již mohl začít na danou situaci

reagovat. Tento způsob experimentu však nereflexuje zjištění, na která upozorňuje tento článek. Kromě dohledu a omezení výhledu mohou okamžik první reakce řidiče na chodce ovlivnit další faktory. Typicky se jedná o množství podnětů, na které musí řidič reagovat. V závislosti na řešení komunikace a složitosti jízdní situace se řidič nemusí v daném okamžiku vždy věnovat jedinému podnětu (přecházejícímu chodci). Pozornost řidiče mohou poutat další podněty, jejichž vliv na chování řidiče nelze zjistit při běžném způsobu realizace experimentu zaměřeného na zjištění dohlednosti. Jako účelné se tak jeví zkoumání v této oblasti a hledání možností využití eyetrackingu při realizaci experimentů při dopravních nehodách v složitých jízdních situacích.

7. PODĚKOVÁNÍ

Práce byla provedena jako součást řešení projektu s názvem: „Sdílení zkušeností a dobrých praxí při analýze a prevenci silničních dopravních“, CZ0069, 2010–2011.

Projekt byl spolufinancován Evropskou unií z Evropského fondu pro regionální rozvoj v rámci Fondu malých projektů (Cíl: Evropská územní spolupráce Rakousko – Česká republika 2007 – 2013). Tuto podporu poskytla Regionální a rozvojová agentura jižní Moravy.

Projekt je řešen ve spolupráci Ústavu soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně a výzkumného institutu EPIGUS – Institut für ganzheitliche Unfall – und Sicherheitsforschung ve Vídni.

Zvláštní poděkování patří panu prof. Dipl.–Ing. Dr. Ernstu Pfliegerovi a celému týmu, který zabezpečoval rozsáhlá měření a prováděl vyhodnocení zkoušek, kterých bylo využito ke zpracování tohoto článku. Děkujeme jim za jejich ochotu, s jakou poskytli nezbytné přístroje, vybavení, znalosti a svůj čas.

Poděkování patří i společnosti Autonova Brno, spol. s r.o., která zapůjčila vozidla pro měření.



EUROPEAN TERRITORIAL CO-OPERATION
AUSTRIA-CZECH REPUBLIC 2007-2013
Gemeinsam mehr erreichen. Společně dosáhneme více.



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund

8. LITERATURA

- [1] KLEDUS R., SEMELA M., MAXERA P., KUNOVSKÝ M.: Analysis Of Drivers Conduct While Driving Over Modern Pedestrian Crossings. In: *Proceedings 22nd Annual Congress Firenze 2013*, Florencie: EVU Italia, Florencie, 2013. s. 107–117. ISBN 978-88-903072-7-0
- [2] KLEDUS R., SEMELA M., MAXERA P., KUNOVSKÝ M., KŘÍŽÁK M.: Analýza chování řidiče při jízdě přes přechod pro chodce. In: *ExFoS 2013 – XXII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství – sborník příspěvků*, 1, ÚSI VUT v Brně, Brno, 2013. s. 68–105. ISBN 978-80-214-4675-5

- [3] PFLEGER E.: Hazard recognition and reaction in practice – exact time proof by visualization analysis. *Sborník výroční konference EVU 2012*, Brašov (Rumunsko), 2012. ISBN 978-973-0-13537-4
- [4] WEYDE M.: Rekonstruktion der Erkennbarkeit von Fussgängern bei Dunkelheitsunfällen unter dynamischen Realbedingungen. *Sborník výroční konference EVU 2010*, TRIBUN EU, Praha, 2010. ISBN 978-80-7399-128-9
- [5] ŠIŠKA A.: Viditelnost cyklisty nebo chodce u okraje vozovky. *Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2012*, Brno, 2012. ISBN 978-80-214-4485-0
- [6] KAPLÁNEK A.: Analýza reakcí řidičů na složené podněty. *XX. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství*, Brno, 2011. ISBN 978-80-214-4238-2
- [7] KROPÁČ F.: *Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti*. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Brno, 2002.
- [8] KLEDUS R., SEMELA M., BRADÁČ A.: Comparative Perception of Objects by Drivers from Stationary and Moving Vehicles in Regular Road Traffic. In: *19th EVU Congress Prague 2010 – Proceedings*, Tribun EU s.r.o., Brno, 2010, s. 9–28. ISBN 978-80-7399-136-4
- [9] SULLIVAN J., FLANNAGAN M.: Differences in geometry of pedestrian crashes in daylight and darkness. *Journal Of Safety Research* [serial on the Internet], 2011, [cited April 30, 2013]; 42(1): 33–37. Available from: Academic Search Complete.
- [10] CLIFTON K., BURNIER C., AKAR G.: *Severity of injury resulting from pedestrian–vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?* Transportation Research: Part D [serial on the Internet], 2009, [cited April 30, 2013]; 14(6): 425–436. Available from: Academic Search Complete.
- [11] HABIBOVIC A., TIVESTEN E., UCHIDA N., BÄRGMAN J., AUST M. L.: Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: An application of the Driving Reliability and Error Analysis Method (DREAM). *Accident Analysis & Prevention*, 50, 2013 [cited March 19, 2014], s. 554–565. ISSN 0001-4575 Dostupné z: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.034>>.
- [12] MACKIE H. W., CHARLTON S. G., BAAS P. H., VILLASENOR P. C.: Road user behaviour changes following a self-explaining roads intervention. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 2013. [cited March 19, 2014], s. 742–750. ISSN 0001-4575 Dostupné z: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.06.026>>.
- [13] Mapy Google [Online]. 2012 [cit. 2013-01-02]. Dostupné z: <maps.google.com>